



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

Revisión sistemática de las tesis relacionadas con la determinación de metales pesados en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2008 - 2018

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTOR

Victor Daniel CARRIÓN ANAMPA

ASESOR

Mg. José Antonio LLAHUILLA QUEA

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Carrión V. Revisión sistemática de las tesis relacionadas con la determinación de metales pesados en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2008 - 2018 [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2019.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado
Dirección General de Biblioteca y Publicaciones

Dirección del Sistema de Bibliotecas y Biblioteca Central

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"



Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del asesor o asesores: <https://orcid.org/0000-0002-3926-8069>

DNI del autor: 70340957

Grupo de investigación: No pertenezco a un grupo de investigación.

Institución que financia parcial o totalmente la investigación: Financiamiento propio.

Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación. Debe incluir localidades y/o coordenadas geográficas: Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Perú).

Año o rango de años que la investigación abarcó: 2008-2018



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

"Revisión sistemática de las tesis relacionadas con la determinación de metales pesados en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos 2008 - 2018"

Que presenta el Bachiller en Farmacia y Bioquímica:

VICTOR DANIEL CARRIÓN ANAMPA


Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

DIECISIETE (17) SOBRESALIENTE

en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Farmacia y Bioquímica y Título Profesional de Químico Farmacéutico(a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 09 de diciembre de 2019.


Mg. Felix Hugo Mita Flores
Presidente


Mg. Jesús Víctor Lizano Gutiérrez
Miembro


Dr. José Alfonso Apesteguía Infantes
Miembro


Mg. Manuel Alberto Torres Roca
Miembro

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"



AGRADECIMIENTOS

A mi padre, madre, hermanos, familia y amigos en general por su apoyo incondicional y por hacerme saber que siempre cuento con ellos.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos como mi Alma Mater, donde fui formado para poder brindar apoyo a la sociedad como profesional.

1. TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
1. TABLA DE CONTENIDO.....	iv
2. ABREVIATURAS.....	1
3. RESUMEN.....	2
4. INTRODUCCIÓN.....	4
5. OBJETIVOS.....	5
i. Objetivo general	
ii. Objetivos específicos	
6. MARCO TEÓRICO	6
7. METODOLOGÍA	24
8. RESULTADOS.....	26
9. DISCUSIÓN.....	33
10. CONCLUSIONES.....	36
11. RECOMENDACIONES.....	37
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
13. ANEXOS	43

2. ABREVIATURAS

AAS: Espectrofotometría de absorción atómica.

As: Arsénico.

Ca: Calcio.

Cd: Cadmio.

Cu: Cobre.

FDA: Food and Drug Administration (USA)

Fe: Hierro.

GFAAS: Espectrofotometría de absorción atómica por horno grafito.

Hg: Mercurio.

NTP: Norma Técnica Peruana.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

Pb: Plomo.

PbS: Sulfuro de Plomo.

SH: Grupo sulfhidrilo.

UNMSM: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Zn: Zinc.

3. RESUMEN

En el periodo 2008-2018, en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), se han realizado 28 estudios de investigación (tesis) relacionadas con la determinación de metales pesados (Hg, Pb, As y Cd), sin embargo no se ha desarrollado un estudio que analice las tesis producidas en conjunto. El objetivo de la presente tesis es realizar una revisión sistemática de las tesis de determinación de metales pesados (Pb, As, Cd y Hg). Para ello, se establecieron distintos criterios de clasificación de las tesis tales como el año de publicación, fuentes de muestreo o escuela a la que pertenecía el tesista. Posteriormente, se revisaron los diseños de las tesis para determinar cuáles eran los más utilizados. Se analizó las metodologías utilizadas de forma comparativa para poder visualizar que método era el más utilizado y los posibles motivos por los cuales los tesisas se decantaban por ellos. Se analizaron resultados y conclusiones, lo cual nos proporcionó información de la cantidad de tesis con resultados por encima o por debajo del límite superior permitido según la referencia de cada tesis. A través de la presente revisión se encontró información que se espera aporte a la mejora de los estudios de determinación de metales pesados que se realicen a futuro en la Facultad de Farmacia y Bioquímica. Se concluye que de los 28 trabajos revisados, la mayor parte fueron publicadas por la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, el año con más tesis publicadas fue 2014, el metal más analizado fue el plomo, la fuente más utilizada para la toma de muestra fueron el agua y los alimentos, así mismo, la mayor parte de las tesis no detallan un diseño de investigación, la metodología más utilizada es la espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito y finalmente, los resultados de la mayor parte de tesis concluyen que por lo menos uno de sus resultados promedio estuvo por encima de los valores permitidos según sus referencias.

Palabras clave: metales pesados, plomo, arsénico, mercurio, cadmio, espectrofotometría, tesis, absorción atómica.

ABSTRACT

In the period 2008-2018, in the Faculty of Pharmacy and Biochemistry of the National University of San Marcos (UNMSM), 28 research studies (thesis) related to the determination of heavy metals (Hg, Pb, As and Cd) were performed, however a study has not been developed that analyzes theses produced together. The objective of this thesis is to carry out a systematic review of the theses of determination of heavy metals (Pb, As, Cd and Hg). To achieve this, different criteria for classifying the theses were established, such as the year of publication, sampling sources or school to which the thesis student belonged. Subsequently, the designs of the theses were reviewed to determine which were the most used. The methodologies used in a comparative way were analyzed to be able to visualize which method was the most used and the possible reasons why the thesis students opted for them. Results and conclusions were analyzed, which gave us information on the number of theses whose results are above or below the upper limit allowed. Through this review, information was found that is expected to contribute to the improvement of heavy metal determination studies to be carried out in the Faculty of Pharmacy and Biochemistry. It is concluded that about the 28 thesis reviewed, most of them were published by Pharmacy and Biochemistry Pharmacy School, the year with more thesis published was 2014, the metal more analyzed was Pb, the most used source for the sampling were water and food, likewise, most of the thesis does not detail an investigation design, the most used method is atomic absorption spectrophotometry by graphite furnace, the results of most part of the thesis concluded that at least one of the average results was above the reference values.

Key words: heavy metals, lead, arsenic, mercury, cadmium, spectrophotometry, thesis, atomic absorption.

4. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados y la contaminación que estos producen a nivel ambiental (suelo, aire, agua, alimentos y cosméticos) son de los problemas más importantes de la actualidad en nuestra sociedad. Estos metales pueden encontrarse en el ambiente de forma natural, pero también pueden estar presentes producto de las actividades antropogénicas. Así mismo, su presencia en el ambiente propicia la intoxicación animal y humana ya sea por vía inhalatoria o por ingesta de alimentos contaminados.¹

Dentro del grupo de metales pesados, se encuentran 4 de las 10 sustancias químicas que constituyen un peligro para la salud pública según la Organización Mundial de Salud (OMS): Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg) y Arsénico (As).² Por tanto, estos metales presentan un riesgo potencial en la salud de la población, debido a su toxicidad aguda y/o crónica, la cual puede producir diversos problemas de salud, desde leves hasta graves dependiendo del grado de intoxicación de la persona.¹

En actualidad, en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, se han realizado 28 tesis que han abordado el estudio de metales pesados (Hg, Pb, As y Cd) en el periodo 2008-2018, sin embargo, no se ha desarrollado un estudio que analice el diseño, la metodología, los resultados y las conclusiones de las tesis producidas.

5. OBJETIVOS

i. Objetivo general

Realizar una revisión sistemática de las tesis relacionadas con la determinación de metales pesados en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos entre los años 2008 - 2018.

ii. Objetivos específicos

1. Establecer criterios de clasificación (fuentes, metales analizados, año de publicación entre otros) de las tesis relacionadas con la determinación de metales pesados.
2. Analizar el diseño de los trabajos seleccionados.
3. Analizar la metodología y técnicas de análisis de los trabajos seleccionados.
4. Analizar los resultados y conclusiones de los trabajos seleccionados en relación a la contaminación con metales pesados.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Metales pesados:

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que pueden estar categorizados por su peso atómico o densidad. Si bien no todos los metales pesados pueden ser altamente tóxicos, existe un grupo dentro de esta categoría que presentan una tendencia a ser contaminantes ambientales y por tanto a ser de potencial riesgo para el ser humano. Su tendencia a ser contaminantes ambientales se debe principalmente a que no se degradan, sino que se bioacumulan y biomagnifican, lo cual deriva en efectos tóxicos de diversa índole.³

Algunas características de los metales pesados pueden ser las siguientes:

- Densidad superior a 5 g/cm³.
- Número atómico superior al del Sodio (Z=11).
- Peso atómico comprendido entre 63,546 y 200,590.
- Potencialmente tóxico para los sistemas biológicos.⁴

Los metales pesados conforman ciclos biológicos naturales, no obstante, y principalmente debido a las actividades antropogénicas, se ha producido incrementos en la concentración de estos metales pesados en varias fuentes de uso humano (aire, suelo, agua, fauna, etc)⁵

De los metales pesados conocidos, existen 4 que son de gran riesgo para la salud pública a nivel mundial según listado oficial de la OMS de sustancias químicas que suponen un problema de salud pública. Estos metales son: Plomo, Cadmio, Mercurio y Arsénico.²

6.1.1 Plomo (Pb):

El plomo es un metal pesado de color gris con número atómico 82 y peso atómico 207.19. Se le puede encontrar tanto en forma orgánica (acetato de plomo, estearato de plomo, etc) como inorgánica (dióxido de plomo, óxido de plomo rojo, etc) en la naturaleza. Su forma más característica en la naturaleza es la de Sulfuro de Plomo (PbS), encontrándose en las menas respectivas o denominadas galenas.⁶

Exposición al plomo.-

Las fuentes de exposición al plomo son de origen ocupacional (Industria metalúrgica, de minería extractiva, construcción civil, cerámica, etc), ambiental (provenientes de la atmósfera producto de diversas actividades antropogénicas) o doméstica (Producto de las altas concentraciones de plomo en productos tales como pinturas, juguetes o útiles de escritorio)⁶.

Toxicocinética.-

Absorción: La vía respiratoria es la vía de absorción más importante (Principalmente a nivel de los alvéolos). Adicionalmente, el plomo se puede absorber por vía gastrointestinal o en menor medida por vía cutánea en el caso del plomo inorgánico, siendo esta última la más escasa y por tanto, la de menor relevancia.⁶ La vía percutánea sólo adquiere relevancia cuando se trata de plomo orgánico, siendo que sus vapores se absorben aproximadamente un 40%.⁹

Distribución: El plomo se distribuye en los siguientes compartimentos

- a. Sangre: Se encuentra unido casi en su totalidad (95%) a los glóbulos rojos.⁶ En este compartimento su vida media es de 36 +- 5 días. Desde la sangre el plomo se distribuye al resto del organismo.⁷

- b. Tejidos blandos: Son los órganos blanco de la toxicidad del plomo (Hígado, riñón y médula ósea).⁶ En este compartimento la vida media es de 40 días.⁷
- c. Tejido óseo: Tras un periodo de tiempo de entre 1 y 2 meses, el plomo llega a difundirse a través de los huesos, en donde se mantiene en estado inerte unido a compuestos fosfato.⁶ Se almacena mayormente en la epífisis y metáfisis del hueso, siendo estas las zonas más activas metabólicamente. Tiene una vida media de 30 a 40 años en el tejido óseo.⁷

El plomo se puede movilizar desde tejido óseo y atravesar la placenta, así como la barrera hematoencefálica, lo cual es de potencial riesgo para la salud en caso de exposición a este metal.⁶

Eliminación: Las vías de eliminación del plomo son la vía renal, gastrointestinal o glandular (saliva, leche materna o sudor), siendo las dos primeras, las vías principales debido a su relevancia toxicológica.⁶

Toxicodinamia.-

Gran parte de la importancia del plomo como elemento tóxico recae en su capacidad como competidor de los llamados metales esenciales (principalmente cationes divalentes) como el calcio, hierro, zinc o cobre, lo cual desemboca en una alteración de sus concentraciones celulares.⁶

Respecto a su acción toxicológica como competidor del calcio, las vías por las cuales afecta pueden variar desde la alteración de su distribución, pasando por la activación de enzimas calcio-dependientes (proteínquinasa C) hasta inhibiendo la acción de enzimas relacionada (Na-K-ATPasa).⁶

Manifestaciones clínicas del Plomo:

Pueden variar dependiendo del tipo de intoxicación. En caso de intoxicación aguda, la manifestación más severa es la encefalopatía aguda (más presente en niños que en adultos). Adicionalmente puede presentarse irritabilidad, dolor abdominal y náuseas y vómitos.

En casos de intoxicación crónica, las manifestaciones abarcan variedad de sistemas y órganos, involucrando entre otros al sistema nervioso, renal, cardiaco y reproductivo. Este tipo de intoxicación es la más habitual puesto que se produce por exposiciones prolongadas a Plomo.⁶

Las manifestaciones clínicas de la intoxicación crónica por plomo se pueden apreciar en el siguiente cuadro:

Manifestaciones clínicas	
Gastrointestinales	Anorexia, dispepsia, estreñimiento, sabor metálico en la boca, dolor abdominal.
Hematopoyéticos	Anemia, punteado basófilo.
Neurológicos	Encefalopatía, muñeca caída o pie caído.
Renales	Albuminuria, hematuria, cilindros en la orina.
Cavidad oral	Ribete de Burton, estomatitis ulcerosa.
Endocrinos y del sistema reproductor	Anormalidades del ciclo ovárico, infertilidad, aborto espontáneo, alteraciones en los espermiogramas.
Fetales	Macrocefalia, poco peso, alteraciones del sistema nervioso, tasa de mortalidad aumentada durante el primer año.

Figura 1: Manifestaciones clínicas del Plomo⁶

6.1.2 Cadmio (Cd):

El Cadmio es un metal no esencial blanco plateado de número atómico 48 y peso atómico 112,40. No es de abundancia en la corteza

terrestre, sin embargo, ve aumentada su concentración como subproducto de procesamiento de otros metales tales como el Zinc o el Cobre, de la fabricación de cemento, así como por la quema de combustibles fósiles.

Exposición al plomo.-

La exposición se puede producir por vías naturales o antropogénicas, siendo las segundas las más comunes. La exposición a fuentes antropogénicas varía desde el uso de fertilizantes fosfatados hasta la contaminación de suelos por procesos industriales (principalmente residuos de minería).

Toxicocinética.-

Absorción: Al igual que en el caso del plomo, su vía principal de absorción es la vía respiratoria (Se absorbe entre el 90% y 95% del Cadmio). En segundo lugar se tiene a la vía gastrointestinal, a través de la cual la absorción llega al 50%, seguida de la vía percutánea, la cual es consecuencia de contacto directo con compuestos orgánicos de Cadmio.

Distribución: Tras la absorción, el Cadmio se fija a la hemoglobina y a la metalotioneína (proteína con abundancia de grupos sulfhidrilos) dentro de los eritrocitos de la sangre, la cual será de utilidad para el transporte de este metal en el organismo formando el complejo cadmio-metalotioneína. Posterior a ello se acumula en el riñón, principalmente en la corteza renal. Existe aumento de concentración en caso haber presencia de factores que afecten la función de excreción renal (Por ejemplo: Edad)

Eliminación: La eliminación del Cadmio es lenta, debido a que su semivida de eliminación es de 15 años, lo cual lo hace susceptible a

acumularse en casos de exposición prolongada. El cadmio se elimina por las siguientes vías:

- Orina (Vía de eliminación principal)
- Bilis
- Sudor
- Heces (En el caso del cadmio no absorbido)

Toxicodinamia.-

El Cadmio se une a los compuestos con grupos sulfhidrilo (Por ejemplo, la metalotioneína). La metalotioneína inactiva al Cadmio formando un complejo con este, el cual inactiva a este metal. Las manifestaciones de toxicidad del cadmio se producen debido a que el riñón (órgano principal donde se acumula el cadmio) no es capaz de sintetizar suficiente metalotioneína para fijar todo el metal sin dejar cadmio libre.

Adicionalmente, este metal altera las rutas bioquímicas del Zn desplazándolo de los enlaces -S-, y las de otros metales como el Cu, Fe y Ca; desplazándolos de sus sitios de unión por acción competitiva.

Manifestaciones clínicas del Cadmio:

Dependiendo de la vía de exposición, se pueden presentar como intoxicación aguda manifestaciones tales como hipertermia, neuminos, diarrea intensa o dolores abdominales.

En el caso de intoxicación crónica, generalmente implica una saturación de metalotioneína, produciendo incidencia de toxicidad directa sobre los riñones, lo cual desemboca en la aparición de disfunción renal. Entre otras de las manifestaciones crónicas se

encuentran: Infertilidad, daño a los sistemas nervioso e inmune, cáncer y osteoporosis.⁷

6.1.3 Mercurio (Hg):

Es un metal color blanco plateado de número atómico 80 y de peso atómico 200,61. Se encuentra de manera más abundante en la corteza terrestre en forma del mineral sulfuro de mercurio (HgS). Adicionalmente se puede encontrar formando amalgamas con otros metales, en forma de metacinabrio negro, o en forma de lluvia tras la condensación de vapor de mercurio. A través de esta última es como contamina la cadena alimenticia después de transformarse en metilmercurio.⁸ Este metal puede permanecer en estado líquido en su forma elemental a temperatura ambiente, siendo el único metal con dicha propiedad. Es de amplia utilización en los barómetros, termómetros o baterías.⁹

Exposición al mercurio.-

Los microorganismos son capaces de transformar el mercurio en metilmercurio, el cual puede ser absorbido por el fitoplancton y posteriormente ir contaminando eslabones superiores de la cadena trófica, lo cual implica que el agua y el consumo de animales marinos son una fuente de exposición al mercurio.⁸ Además de ello, la mitad de las emisiones de este metal son producto de actividades antropogénicas siendo las principales las centrales de producción de electricidad a base de carbón, incineración de residuos, entre otros.⁹

Toxicocinética.-

Absorción: Las vías de absorción del mercurio son

- Vía respiratoria (Vía principal, llegando a absorber el 80% del mercurio inhalado).
- Vía digestiva (Más importante para el Hg⁺² que para el Hg elemental)
- Vía cutánea
- Placentaria⁸

Distribución: El mercurio en forma tanto orgánica como inorgánica tiene afinidad por varias moléculas de importancia en nuestro organismo, tales como la albúmina, cisteína o histidina.

En el caso del mercurio elemental, este se oxida fácilmente a su estado de ión mercúrico para formar los enlaces a las moléculas mencionadas anteriormente. Posteriormente el mercurio se distribuye principalmente a los riñones, almacenándose en las asas de Henle y en el túbulo contorneado proximal. A su vez también se distribuye a través de diversos tejidos en el organismo tales como sangre, mucosa, hígado, piel, pulmón, entre otros.

El mercurio inorgánico, al igual que el Cadmio, se fija a la metalotioneína y a otras proteínas de bajo peso molecular.

Respecto al mercurio orgánico, este se acumula principalmente en el sistema nervioso central y debido a su resistencia a la biotransformación, este puede mantenerse en el organismo por tiempo prolongado después de la exposición.⁸

Eliminación: El mercurio se elimina en su mayoría por la vía renal. Su eliminación se produce en forma de sulfhidril-mercurio unido a moléculas tales como cisteína o N-acetil-cisteína. La vía de excreción biliar es otra forma de eliminación del mercurio, el cual se encontrará formando complejos con proteínas de bajo peso molecular.⁸

Toxicodinamia:

La intoxicación por sales inorgánicas de mercurio produce precipitación de proteínas y necrosis en zonas de contacto con los tejidos.

Este metal inhibe la captación celular de glucosa durante la respiración celular. Otra de las acciones más características del mercurio es su actividad hemolítica sobre los glóbulos rojos y la porfirina.⁸

Manifestaciones clínicas del Mercurio:

Las manifestaciones presentadas dependen del tiempo de exposición.

Para intoxicaciones agudas se suele presentar gastroenteritis, anuria, colitis ulcerosa hemorrágica, entre otras afecciones que impactan principalmente en el sistema renal y gastrointestinal. En intoxicaciones por vapor de mercurio se produce irritación y edema agudo de pulmón, siendo que puede devenir en la muerte de no tratarse dentro de las 24 horas. Finalmente, a nivel cutáneo se puede producir variedad de signos de irritación tales como pústulas, pápulas, edemas, eritemas o úlceras en los dedos.

Las intoxicaciones crónicas producen signos o síntomas dentro de los cuales se encuentran delirios, temblores, hipertrofia de toroides, gingivitis.⁸ En el caso particular de las exposiciones al mercurio elemental, se puede producir el síndrome vegetativo, el cual implica diversos efectos tales como pérdida de memoria, gingivitis, salivación intensa, temblores, taquicardia, bocio, entre otros.⁹

6.1.4 Arsénico (As):

El arsénico es un metal pesado presente en el ambiente, tanto en suelos como en aire o agua. Su presencia es consecuencia de la

actividad volcánica. Sus usos como metal van desde la fabricación de vidrios hasta su uso como rodenticida o germicida. En su estado como Arsina (AsH_3) es más tóxico debido a su alta solubilidad en agua, diferenciándose del arsénico elemental, siendo que este es insoluble en agua.⁹ Este metal posee un número atómico de 33 y un peso atómico de 74.92

Exposición al arsénico.-

La fuente de exposición más importante al arsénico son los alimentos contaminados.⁹ Este metal tiene uso industrial en la fabricación de baterías o para la fabricación de determinados tipos de vidrio, lo cual genera un potencial riesgo de exposición ocupacional.¹⁰

Toxicocinética.-

Absorción: La absorción se produce rápidamente y a nivel gastrointestinal, donde compite con el Selenio. Por tanto ello implica que el exceso de uno de estos metales inhiba la toxicidad del otro.⁹ Otras vías de absorción de menor relevancia son la vía cutánea y la vía respiratoria.¹⁰

Distribución: Tras la absorción, el arsénico puede unirse a las proteínas plasmáticas, las cuales serán su medio de transporte para ser distribuido en el organismo.¹⁰ El arsénico tiene afinidad por los grupos hidroxilo y tioles, lo cual propicia su interacción con enzimas y proteínas que poseen estos grupos. Por tanto, potencialmente se acumula en zonas con queratina, las cuales son proteínas ricas en azufre (Por ejemplo, uñas o cabellos). Otros compartimentos donde se puede acumular en menor medida son el hígado, riñón y la piel.⁹ Este metal puede atravesar la barrera placentaria y producir alteraciones o daños en el feto.¹⁰

Eliminación: La mayor parte de este metal es eliminado por la vía renal (orina) como máximo a la semana de haberse producido la ingesta. La forma de arsénico metilada, la cual es producto de la biotransformación producida en el hígado, es a través de la cual este metal es eliminado por la orina.⁹

Toxicodinamia:

As +3: Al igual que otros metales pesados, el arsénico actúa fijándose a enzimas con grupos sulfhidrilo. Uno de los ejemplos más conocidos es su unión quelante a la enzima piruvato oxidasa, lo cual inhibe su acción, produciendo alteraciones en diversas rutas metabólicas.

As +5: A diferencia del As+3, el As+5 no posee una gran afinidad al grupo sulfhidrilo. Su acción principal se basa en reemplazar al fosfato en la fosforilación oxidativa en los enlaces ATP. Adicionalmente, puede reducirse a As+3 y actuar por los mecanismos ya detallados para este catión trivalente.⁹

Manifestaciones clínicas del Arsénico:

Las manifestaciones por intoxicación aguda se presentan tras 12 horas desde la primera exposición al metal, y estas son principalmente de carácter gastrointestinal tales como vómitos o diarrea. Este último síntoma incrementa el riesgo de muerte por deshidratación y/o caída de la presión arterial.⁹

La intoxicación crónica por arsénico afecta a varios sistemas de la siguiente manera:

- Mucosas: Faringitis, gingivitis, afecciones respiratorias.
- Daño neurológico: Polineuropatía mixta.

- Daño cutáneo: Melanodermia, queratosis. Se presentan entre los 3 y 7 años desde la primera exposición.
- Daño hepático: Cirrosis, lesiones degenerativas.
- Cáncer: Cáncer a la piel, hígado y pulmón.
- Mutagénesis y teratogénesis.¹⁰

6.2 Métodos de análisis:

La determinación de metales pesados se realiza en su mayoría mediante espectrofotometría de absorción atómica. Este método se basa en la capacidad de las partículas atómicas de absorber la radiación electromagnética, por lo tanto, las muestras deben pasar por un proceso previo de atomización en caso sea requerido. Cada elemento atomizado posee su propio espectro de absorción característico a una longitud de onda determinada, lo cual los hace reconocibles.⁹

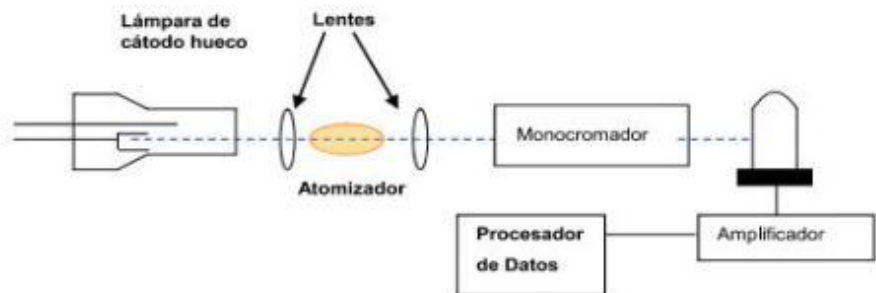


Figura 2: Esquema básico de equipo de espectrofotometría¹⁶

Dentro de este método de análisis, se pueden encontrar diversos tipos. Entre los más importantes y utilizados se encuentran los siguientes:

Espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS):

Este método tiene como principal ventaja su elevada sensibilidad, siendo capaz de detectar ppb de metales tales como el Pb, Cu o Cd

entre otros. Otra de las principales virtudes de la absorción atómica por horno de grafito es que permite realizar los análisis en volúmenes reducidos (por debajo de 100 μL).

Espectrofotometría de absorción atómica por llama:

En este método la muestra se atomiza a través de una llama producida por un flujo de gas oxidante mezclado con un gas combustible.¹¹

Este método es conocido por su selectividad para compuestos como el arsénico, sin embargo, su sensibilidad no es muy alta, lo cual dificulta el análisis de las muestras más pequeñas.¹⁸

Espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros:

A un atomizador por llama se le acopla un generador de hidruros con la finalidad de mejorar la sensibilidad del método. Este método consta de tres etapas básicas: En primer lugar la generación de hidruros, la transferencia de los mismos y finalmente su atomización por llama.¹⁵

Este método permite realizar determinaciones de compuestos (en este caso metales pesados como el Hg o el As), los cuales deben ser capaces de formar hidruros.¹¹

Espectrofotometría de absorción atómica por vapor frío:

Es un método de alta sensibilidad que lleva incorporada una lámpara de mercurio de alta intensidad. La muestra disuelta es mezclada con una corriente de cloruro de estaño, el cual genera la reducción del mercurio a su forma elemental. Este, en forma de vapor, se arrastra hasta la celda de medida.¹¹

6.3 Límites según referencias:

Tanto las entidades globales (Por ejemplo, la OMS), como la normativa local (Ministerio del ambiente) establecen límites máximos permitidos de una sustancia/elemento que puedan estar presentes en una fuente de muestras determinada.

6.3.1 Límites según normativa local:

Con la creación del ministerio del ambiente, el gobierno local peruano ha establecido sus propios límites a través de los siguientes decretos supremos:

- D.S. N° 011-2017-MINAM: Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para Suelo.
- D.S. N° 003-2017-MINAM: Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para Aire y se establecen Disposiciones Complementarias.
- D.S. N° 004-2017-MINAM: Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para Aguas y establecen Disposiciones Complementarias.

Estos estándares toman también como referencia a organismos internacionales.. Ver anexo 1: Estándares de calidad ambiental.

6.3.2 Límites según normativa/instituciones internacionales:

Las distintas instituciones internacionales establecen sus propios límites máximos de aceptación de metales u otros compuestos que pueden resultar nocivos para la salud. Cada institución establece sus propios límites de acuerdo a su ámbito de aplicación. Algunos de los más remarcables son:

- 6.3.2.1** Códex Alimentarius: Establece normas en relación a contaminantes y toxinas presentes en diversos tipos de alimentos, donde también nos indican los niveles máximos permitidos y planes de muestreo para su correcta determinación.¹⁷
- 6.3.2.2** Organización mundial de la salud (OMS): La OMS publica guías de calidad (Por ejemplo, la guía de calidad del agua), donde establece valores de referencia para la presencia de elementos o sustancias (Entre ellas los metales pesados). La finalidad de estas guías es proteger y salvaguardar la salud pública a nivel mundial.
- 6.3.2.3** Legislación de la Unión Europea (UE): La Unión Europea dentro de su legislación establece límites máximos para diversos tipos de contaminantes (Químicos, metales pesados, etc), así mismo, su legislación también establece su propio sistema de muestreo.

6.4 Tesis:

En el mundo laboral actual, el cual se caracteriza por ser hipercompetitivo, es mandatorio desarrollar competencias académicas que fortalezcan las habilidades de un profesional. Muy aparte de la tesis de investigación como requisito de la obtención de un título profesional, las tesis son una muestra de competencia a nivel académico-laboral. Así mismo, es necesario recalcar que el desarrollo académico profesional es continuo, por lo cual debería verse una tesis como un paso adicional y no como una meta final.

Las tesis de investigación debe seguir el método científico, el cual está esquematizado en la siguiente figura:

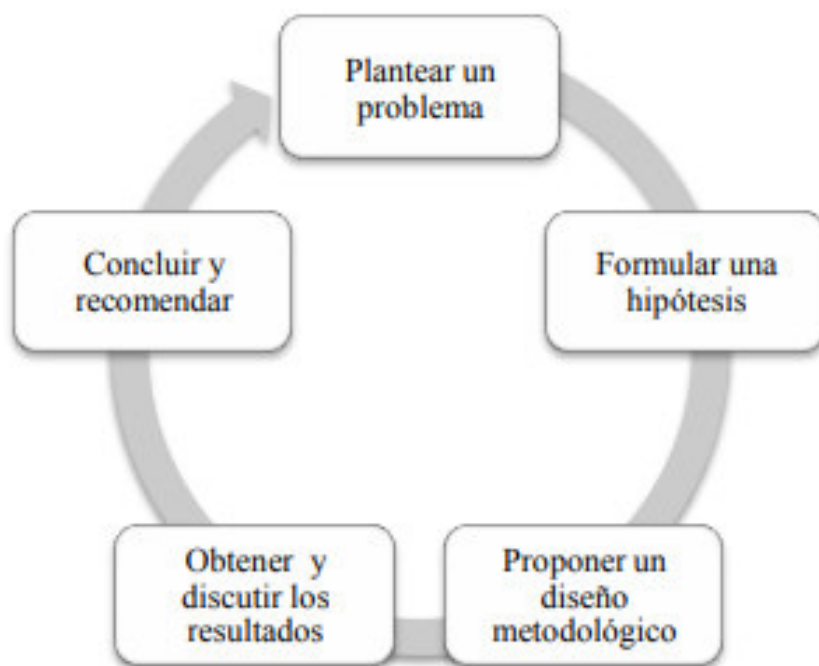


Figura 3: Pasos básicos del método científico¹²

- 1. Planteamiento del problema:** El tesista debe tener un motivo para la investigación que realizará, este motivo es el problema que se planteará en el estudio, al cual se le debe dar solución.
- 2. Formulación de hipótesis:** Se formula la mejor solución posible al problema teniendo en cuenta las variables de estudio.
- 3. Uso del diseño metodológico:** Se establece un diseño metodológico para probar o demostrar una potencial solución al problema planteado.
- 4. Discusión de resultados:** Tras el uso del diseño metodológico se obtendrán resultados, los cuales, deben ser discutidos, analizados y comparados con estudios similares.
- 5. Reiniciar investigación:** Finalizada la investigación, se debe plantear recomendaciones y conclusiones, los cuales implicarán potenciales nuevos problemas, los cuales serán abordados en otras nuevas investigaciones.¹²

6.4.1 Diseños de investigación:

Un diseño de investigación es una estrategia que permita afrontar la investigación, lo cual nos permitirá obtener respuestas a la pregunta planteada. Se dividen en dos grandes categorías:

- **Diseños experimentales:** Son aquellos que implican la manipulación de una o más variables independientes con la finalidad de poder analizar los cambios de una variable dependiente en un ambiente controlado.

Dentro de la categoría de diseños experimentales, se encuentran 3 subcategorías: Los experimentos verdaderos, los cuasi experimentos y los pre-experimentos.

Característica	Pre-experimentos	Cuasi-experimentos	Experimentos
Presencia de grupo control	En algunos casos	Si	Si
Selección aleatoria de sujetos	No	Si, pero restringida	Si
Asignación aleatoria de los sujetos a los grupos	No	No	Si
Asignación aleatoria de tratamientos a grupos	No	Si es posible	Si
Grado de control sobre variables externas	Bajo	Moderado	Alto

Figura 4: Diferencias entre los tipos de experimentos¹³

Los experimentos verdaderos implican una manipulación intencionada de una o más variables independientes, un control sobre el experimento y se debe medir el efecto de la variable independiente sobre la dependiente.

Los cuasiexperimentos cumplen con las premisas principales de un experimento verdadero con la diferencia de que los grupos son

seleccionados de forma restringida y no de forma completamente aleatoria.

En el caso de los pre-experimentos, estos no tienen un grupo control ni una asignación aleatoria de los sujetos en los grupos, por lo cual se reduce la posibilidad de hallar relaciones explicativas en el estudio.¹³

- **Diseños no experimentales:** No implican una manipulación de variables y se pueden subdividir en muchas categorías no exclusivas entre sí.
 - a) Estudios descriptivos: Como su nombre indica, se trata de describir e interpretar de forma correcta una realidad, población y/o muestra. Si se analiza dos o más grupos se subclasifican como descriptivos-comparativos, en cambio, de involucrar una unidad de estudio particular, se denomina estudio descriptivo de caso.
 - b) Estudios explicativos: Este tipo de estudios trata de determinar la causa de determinado fenómeno y la relación entre las variables presentes sin intervenir sobre ellas.
 - c) Estudios observacionales: Se basan en la adquisición de información del investigador por medio de la observación y el registro de fenómenos sin intervenir en los mismos.
 - d) Estudios retrospectivos: Se realizan sobre hechos ocurridos en el pasado.
 - e) Estudios prospectivos: En este tipo de estudio, los datos registrados pertenecen a fenómenos que ocurren en tiempo real.
 - f) Estudios transversales: Se caracterizan porque la recolección de datos se realiza en un solo momento (Se analiza la imagen del momento).
 - g) Estudios longitudinales: Los datos son recolectados a través del tiempo con la finalidad de poder analizar los cambios de un fenómeno con el paso del tiempo.
 - h) Estudios de casos y controles: Se realiza un seguimiento de dos grupos, uno de control y otro que presente un fenómeno o enfermedad.

- i) Estudios cohorte: Se realiza un seguimiento de una población con riesgo a presentar determinado fenómeno con la finalidad de identificar si dicho riesgo puede producir el fenómeno supuesto.¹⁴

7. METODOLOGÍA

7.1. Diseño:

El diseño del presente estudio es no experimental-retrospectivo-transversal-descriptivo.

- No experimental, ya que no implica variables al haber sido una revisión sistemática.
- Retrospectivo ya que se trabajó con tesis publicadas en el periodo 2008-2018, por lo cual se trata de un estudio de tipo retrospectivo.
- Transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un momento particular.
- Descriptivo debido a que se pretende proveer información en conjunto los trabajos que se revisarán.

7.2. Materiales:

- Base de datos electrónica de la Biblioteca de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM.
- Publicaciones físicas de las tesis obtenidas de la Biblioteca de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM.
- Tesis digitales obtenidas de la web de Cybertesis (UNMSM).

7.3. Métodos:

Se realizó la búsqueda de tesis en la base de datos de la Biblioteca de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM. Los criterios de búsqueda fueron los siguientes:

- a. Tesis que involucre determinación de metales pesados, por lo menos uno de los cuatro siguientes metales pesados: As, Cd, Hg, Pb.
- b. Las tesis deben pertenecer al periodo entre los años 2008 y 2018.
- c. Las tesis pueden ser de autoría de representantes de cualquiera de las tres escuelas académico-profesionales (Farmacia y Bioquímica, Toxicología y Ciencias de los Alimentos).

Una vez se contó con la relación de tesis, se procedió con la revisión de cada una, ya sea en formato digital (Web de Cybertesis) o en formato físico (en la biblioteca). De esta revisión se extrajo la siguiente información relevante de cada una de las tesis:

1. Título
2. Autor
3. Título profesional / Grado académico
4. Año de publicación
5. Asesor(es)
6. Metales analizados
7. Tipo de muestra analizada
8. Diseño de tesis
9. Métodos
10. Cantidad de muestras
11. Resultados (Promedio)
12. Límites (Según referencia)
13. Resultado

Una vez que se contó con toda la data mencionada se procedió a analizarla de acuerdo a lo siguiente:

- i. Se establecieron los criterios de clasificación de las tesis relacionadas con la determinación de metales pesados en base a los apartados más importantes de un estudio de determinación cuali-cuantitativo. Con estos criterios se

obtienen cuadros resumen que brindan información general de los estudios de investigación (tesis).

- ii. Se realizó una revisión de los diseños de las tesis determinando cuales son los más utilizados y analizando por qué dichos diseños predominan por encima de otros.
- iii. Se analizó la metodología y técnicas de análisis utilizada en los trabajos seleccionados (tesis). Se analizó los motivos por los cuales se prefiere unas metodologías antes que otras.
- iv. Se analizó los resultados y conclusiones de los trabajos seleccionados. Se obtuvo un cuadro resumen con todos los resultados (tanto si están o no dentro del rango permitido).

8. RESULTADOS

Se cuenta con un total de 28 tesis de determinación de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM, dentro de las cuáles se encuentran tesis de las escuelas de Farmacia y Bioquímica, y de Toxicología.

Para mayor detalle ver:

Anexo 2 ^{6,7,8,9,10,11,16,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38}

8.1. Criterios de clasificación: Se han establecido 4 criterios para clasificar las tesis analizadas.

8.1.1. Tesis por escuela profesional: De entre las 28 tesis se ha realizado una clasificación teniendo en cuenta la escuela profesional del tesista que realizó la publicación, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 1: Cantidad de tesis por escuela profesional

Escuela profesional	Cantidad de tesis	Porcentaje
Farmacia y Bioquímica	24	85.71%
Toxicología	4	14.29%
Ciencias de los alimentos	0	0%
TOTAL	28	100%

Fuente: Elaboración propia

8.1.2. Año de publicación: Como segundo criterio de clasificación se tiene el año de publicación de las tesis, lo cual nos permite visualizar con qué frecuencia se han estado realizando trabajos de investigación para determinación de metales pesados.

Tabla 2: Cantidad de tesis por año

Año	Cantidad de tesis	Porcentaje
2008	0	0%
2009	3	10.71%
2010	1	3.57%
2011	1	3.57%
2012	1	3.57%
2013	3	10.71%
2014	6	21.43%
2015	4	14.28%
2016	1	3.57%
2017	3	10.71%
2018	5	17.86%
Total	28	100%

Fuente: Elaboración propia

8.1.3. Metales analizados: Con este criterio se podrá determinar cuál o cuáles han sido los metales más recurrentes en trabajos de investigación de determinación de metales pesados.

Tabla 3: Cantidad de metales analizados

Metal pesado	Cantidad de tesis en las que se realiza su análisis cuali-cuantitativo	Porcentaje
Arsénico (As)	12	42.86%
Cadmio (Cd)	13	46.43%
Mercurio (Hg)	6	21.43%
Plomo (Pb)	18	64.29%

Fuente: Elaboración propia

8.1.4. Tipo de muestra analizada: Este criterio nos permite obtener un panorama general sobre en donde se han focalizado los estudios de investigación (tesis) en el periodo 2008-2018.

Tabla 4: Cantidad de tesis por tipo de muestra analizada

Tipo de muestra analizada	Cantidad de tesis
Agua	9
Seres humanos	3
Alimentos	9
Cosméticos	2
Superficies (suelos, techos, sedimentos)	5
Animales	2
Otros (Útiles de escritorio, pilas)	2

Fuente: Elaboración propia

8.2. Análisis de diseño:

Se revisó los diseños según lo indicado en las tesis analizadas, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 5: Cantidad de tesis por tipo de diseño

Diseño del estudio	Cantidad de tesis	Porcentaje
No detalla	17	60.71%
Transversal-Descriptiva-Explicativa-	1	3.57%
Transversal y Observacional	1	3.57%
Transversal-observacional-descriptivo-comparativo	2	7.14%
Investigación experimental - Deductivo	1	3.57%
Transversal-Descriptivo-Correlacional	1	3.57%
Transversal-Descriptivo-Comparativo	1	3.57%
Transversal-Descriptivo-Experimental	1	3.57%
Transversal-Observacional-Descriptivo	1	3.57%
Experimental-observacional-analítico, transversal-cuantitativo	1	3.57%
Transversal. Descriptivo, cuasi experimental, analítico, prospectivo	1	3.57%
TOTAL	28	100%

Fuente: Elaboración propia

Se agrupó las tesis que si detallan el diseño del estudio para determinar patrones comunes:

Tabla 6: Cantidad de tesis por tipo de diseño (Solo tesis que lo detallan)

Diseño del estudio	Cantidad de tesis	Porcentaje
Transversal - Descriptivo	8	72.73%
Transversal - Observacional	2	18.18%
Investigación experimental - Deductivo	1	9.09%
Total	11	100%

Fuente: Elaboración propia

8.3. Análisis de metodología:

Se analizó la metodología para la determinación de metales pesados, encontrándose los siguientes resultados:

Tabla 7: Cantidad de tesis por metodología

Metodología (Técnica de análisis)	Cantidad de tesis	Porcentaje
Espectrofotometría de absorción atómica (con generación de hidruros)	5	17.86%
Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	21	75%
Espectrofotometría de absorción atómica (con vapor frío)	2	7.14%
Espectrofotometría de absorción atómica (por flama)	5	17.86%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Cantidad de tesis por metodología (As)

Metal	Metodología (Técnica de análisis)	Cantidad de tesis
As	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	8
	Espectrofotometría de absorción atómica (con generación de hidruros)	3
	Espectrofotometría de absorción atómica (llama aire/acetileno)	1
Total de tesis	-	12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Cantidad de tesis por metodología (Cd)

Metal	Metodología (Técnica de análisis)	Cantidad de tesis
Cd	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	12
	Espectrofotometría de absorción atómica (llama aire/acetileno)	1
Total de tesis	-	13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Cantidad de tesis por metodología (Hg)

Metal	Metodología (Técnica de análisis)	Cantidad de tesis
Hg	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	1
	Espectrofotometría de absorción atómica (con generación de hidruros)	3
	Espectrofotometría de absorción atómica (con vapor frío)	2
Total de tesis	-	6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Cantidad de tesis por metodología (Pb)

Metal	Metodología (Técnica de análisis)	Cantidad de tesis
Pb	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	13
	Espectrofotometría de absorción atómica (llama aire/acetileno)	5
Total de tesis	-	18

Fuente: Elaboración propia

8.4. Análisis de resultados y conclusiones:

Los resultados de cada tesis se presentan en base a una referencia que establece un límite máximo permitido del metal en estudio. En base a ello se obtuvo la **tabla N°12** indicando la cantidad de estudios que estuvieron por encima o por debajo de sus límites de referencia.

Se han tenido en cuenta los siguientes posibles resultados:

Superior al límite de referencia (total): Todos los resultados promedio de metales por encima de los límites de referencia.

Superior al límite de referencia (parcial): Algunos resultados promedio se encuentran por encima del límite de referencia y otros por debajo (en casos de análisis de más de un metal o más de un tipo de muestra)

Inferior al límite de referencia: No existe resultado promedio que se encuentre por encima de los límites de referencia.

Tabla 12: Cantidad de tesis por resultados obtenidos

Tipo de resultado	Cantidad	Porcentaje
Superior al límite de referencia (Total)	8	28.58%
Superior al límite de referencia (Parcial)	10	35.71%
Inferior al límite de referencia	10	35.71%
Total	28	100%

Fuente: Elaboración propia

9. DISCUSION

A través del análisis de resultados se ha obtenido información útil acerca de las tesis que se han realizado en el periodo 2008-2018 en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

En primer lugar, de acuerdo a la Tabla 1, se puede apreciar que la escuela profesional que mayor cantidad de tesis ha sustentado acerca de determinación de metales pesados ha sido la Escuela de Farmacia y Bioquímica, el cual es un resultado que se explica al ser una escuela profesional con muchos más años que las Escuelas de Toxicología y Ciencias de los Alimentos, las cuales son de apertura reciente. La Escuela de Ciencias de los Alimentos no ha sustentado tesis de determinación de metales pesados, no así como la de Toxicología, la cual cuenta con un 14.29% del total de las tesis publicadas.

Según se puede apreciar en la Tabla 2, la determinación de metales pesados tiene prevalencia año a año entre las tesis publicadas por la Facultad de Farmacia y Bioquímica, estando presentes en cada año desde 2009 con por lo menos una tesis publicada y alcanzando su pico máximo en 2014 con 6 tesis publicadas durante dicho año. Esta prevalencia en las tesis de determinación de metales pesados puede ser ocasionada por dos factores: La importancia que ha cobrado en los años

recientes los casos de toxicidad crónica descubiertos por diversos metales pesados (Por ejemplo, en el caso de personal que labora en las minas) y el amplio abanico de fuentes en las cuales se puede realizar un análisis de determinación de metales.

De los 4 metales pesados objetos de la presente revisión, y de acuerdo a lo que se puede visualizar en la Tabla 3, el metal más analizado es el Plomo, el cual se encuentra presente en más de la mitad de las tesis (64.29%), seguido del Cadmio con un 46.43% y Arsénico con un 42.86%, y finalmente el Mercurio es el metal menos analizado del grupo escogido para esta revisión con un 21.43%. Existen varias razones por las cuales se puede escoger realizar un análisis de determinación de Plomo, entre las cuales se encuentran sus amplias fuentes de exposición, entre las cuales se pueden encontrar fuentes cercanas en la vida cotidiana tales como útiles de escritorio, cosméticos o diversos tipos de alimentos.

De acuerdo a la Tabla 4, las fuentes de muestras más comunes en las tesis revisadas fueron con diferencia las que analizaban agua y alimentos. Esto debido a la relevancia que implica que alimentos o bebidas se encuentren contaminadas con metales pesados en límites superiores a los admisibles. En este punto, y teniendo en cuenta que estos metales tienen como propiedad una alta absorción por vía respiratoria, se considera que se deberían realizar mayor cantidad de estudios en fuentes que se encuentren netamente en el ambiente (aire, suelos, etc).

En el caso de los diseños de investigación, según los resultados de la tabla 5, el 60.71% de las tesis publicadas no detallan el diseño. Por otro lado, del total de tesis que si lo hacen, el 80% lo clasifica como transversal-descriptivo (Tabla 6), esto debido a que como tal no existe una manipulación de variables, sino que se trata de una descripción de un fenómeno en un determinado momento, que es cuando se realiza el muestreo para realizar la determinación de los metales pesados.

Según lo que se puede visualizar en la tabla 7, todas las tesis utilizaron el método de espectrofotometría de absorción atómica, donde el 75% de los análisis de metales pesados utilizó la espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito muy probablemente debido a su alta sensibilidad y su capacidad para usar

muestras de volumen muy reducido. En las tablas 8, 9, 10 y 11 se puede apreciar los métodos utilizados de acuerdo a cada metal pesado, en donde, salvo el mercurio, todos los metales se analizan mayormente por horno de grafito. En el caso del mercurio, esto se debe a que dicho metal tiene la capacidad para formar hidruros.

En la tabla 12 podemos apreciar que en un 64.28% de las tesis se concluye que por los menos uno de los resultados promedio está por encima del límite superior permitido según la referencia que se considera en la misma tesis. Esto implica un riesgo a tener en cuenta en términos de salud pública, ya que se trata de estudios realizados en 4 de los metales que son considerados como un riesgo en salud para la OMS, los cuales a su vez se han realizado en su mayoría en alimentos, agua y otras fuentes cercanas a distintos grupos poblacionales del país.

No existen actualmente estudios de revisión similares sobre trabajos de investigación o tesis de otras universidades del Perú con las cuales se pueda realizar una comparativa de resultados.

10.CONCLUSIONES

1. Se realizó la revisión sistemática de las tesis relacionadas con la determinación de metales pesados en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos entre los años 2008 y 2018, y que a su vez abarcan los metales: As, Cd, Hg y Pb; las cuales suman un total de 28 tesis.
2. Se establecieron criterios de clasificación de las tesis relacionadas con la determinación de metales pesados, de las cuales se concluye lo siguiente:
 - Escuela profesional: La escuela profesional que más tesis de determinación de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) ha producido es la Escuela de Farmacia y Bioquímica con 24 tesis, seguido de la Escuela de Toxicología con 4 tesis. La Escuela de Ciencias de los Alimentos no cuenta con tesis que puedan ser incluidas dentro de esta revisión sistemática.
 - Año de publicación: El año en el que más tesis de determinación de metales pesados se publicaron fue el 2014 con 6 tesis, el año con menos tesis de este tipo fue el 2008, con ninguna tesis sustentada.
 - Metales analizados: El metal más analizado fue el plomo, el cual se encontraba en 18 de las 28 tesis revisadas. Cadmio y Arsénico se encontraban en 13 y 12 tesis respectivamente. El metal menos analizado fue el Mercurio, el cual solo se encontró en 6 tesis.
 - Fuentes: Las fuentes más utilizadas para la toma de muestras fueron agua y alimentos (9 tesis por cada una de las fuentes). Las fuentes menos utilizadas fueron los útiles de escritorio y las pilas (Una tesis cada uno, incluidos en la categoría "Otros").
3. Del diseño de los trabajos seleccionados: Se evidenció que en el 60.7% de las tesis no se detalla los diseños de investigación. Las tesis que si lo hacen refieren estudios transversales-descriptivos.

4. De la metodología de los trabajos seleccionados: Se utiliza mayormente la espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito, la cual es utilizada en 21 de las tesis revisadas (En 13 de esas tesis se usa para Plomo, en 12 para Cadmio, en 8 para Arsénico y en 1 para Mercurio).
5. De los resultados y conclusiones: Se observó que el 64.28% de las tesis concluyen que por lo menos uno de sus resultados promedio estuvo por encima de los valores máximos permitidos según sus referencias, siendo solo un 35.71% de tesis las que concluyen que sus resultados promedio se encuentran por debajo del límite inferior de referencia.

11.RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar realizar una revisión sistemática a futuro abarcando un rango de tiempo mayor y/o incluyendo tesis de otras universidades dentro de la población de estudio.
- Se recomienda realizar investigaciones más enfocadas en el ambiente (suelos o aire) debido a la absorción por vía respiratoria que presentan algunos de estos metales.
- Se recomienda considerar ampliar las zonas donde se realizan estos estudios de investigación, para así poder hallar poblaciones que pudieran estar en potencial riesgo.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Reyes Y, Vergara I, Torres O, Díaz M, González E. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*. 2016; 16(2): 66-77.
2. Organización mundial de la salud [Internet], n.d. Diez Sustancias Químicas que constituyen una preocupación para la salud pública [Consultado el 16 de Enero del 2019]. Disponible en: https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/es/
3. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente [Sede Web]. España; 2015 [Fecha de acceso: 10 de Abril de 2019]. Problemática ambiental y contaminantes: Metales Pesados. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales_pesados.aspx
4. Inga M, Mirya M. Determinación de Cadmio, Mercurio y Plomo en langostinos (*Litopenaeus vannamei*) procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo de Lima y de Ventanilla en el Callao durante el periodo Marzo-Abril 2016. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Privada Norbert Wiener; 2017.
5. Gutierrez MF, Gagneten AM. Efecto de los metales sobre microcrustáceos de agua dulce. Avances metodológicos y potencialidad de cladóceros y copépodos como organismos test. *Revista Peruana de Biología* [Internet]. 9 de febrero de 2012 [citado 10 de enero de 2019]; Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/460>
6. Chávez A. Determinación de niveles de Plomo en pobladores adultos del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la provincia constitucional del Callao. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2018.
7. Madueño F. Determinación de Metales Pesados (Plomo y Cadmio) en lechuga (*Lactuca Sativa*) en mercados del cono norte, centro y cono sur de Lima Metropolitana. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017
8. Obregon D, Zambrano Z. Evaluación microbiológica (Aerobios mesófilos, *Bacillus cereus* y *Spaphylococcus aureus*) y química toxicológica de metales

- pesados (Pb, Hg) en leche para consumo humano en el distrito de Puente Piedra - Lima. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017
9. Rivas W. Determinación de arsénico, mercurio y plomo en truchas (*Oncorhynchus mykiss*), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, región Lima. [Tesis de grado magister]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2018
 10. Laguna L, Ricaldi E. Determinación de plomo y arsénico en lápices labiales de diferentes marcas que se expenden en Lima Metropolitana. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017
 11. Nuguet R. Determinación cuantitativa de Metales Pesados en cinco especies vegetales en bolsas filtrantes para infusiones expendidas en Lima Metropolitana - 2013. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014
 12. Vara A. Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa. 3ra ed. Lima. Facultad de ciencias administrativas de la Universidad San Martín de Porres; 2012.
 13. Ramón G. Diseños experimentales Apuntes de clase del curso de seminario investigativo VI. Universidad de Antioquía, Colombia. [citado 02 mayo 2019]. Disponible en: http://viref.udea.edu.co/contenido/menu_alterno/apuntes/ac37-diseno_experiment.pdf
 14. Muggenburg M, Pérez I. Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. Revista Enfermería Universitaria ENEO-UNAM. 2007;Vol (4):35-38
 15. Morand E, Giménez M, Benitez M, Garro O. Determinación de arsénico por espectrofotometría de absorción atómica con generación de Hidruros (HG-AAS). [Internet]. Facultad de agroindustrias - UNNE; 2002 [citado 5 abr 2019]. Disponible en: <http://www.revistacyt.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/08-Exactas/E-048.pdf>

16. Juan de Dios M. Niveles de arsénico y cadmio en muestras de cebolla (*Allium cepa*) expendidas en la ciudad de Lima. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2018
17. FAO/OMS. Codex Alimentarius. (Modificado en 2018). Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. CODEX STAN 193-1995, 51-62.
18. Flores E, Pérez J. Determinación de Arsénico por absorción atómica, en agua de consumo humano proveniente de Sedapal, de cisterna y de poco del distrito de Puente Piedra. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2009
19. Oriundo C, Robles J. Determinación de Plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al asentamiento humano Cultura y Progreso del distrito de Ñaña – Chaclacayo. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2009
20. Hospina L, Urruchi J. Determinación y cuantificación química toxicológica de Mercurio en pilas de zinc-carbono. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2009
21. Castillo Y. Evaluación química toxicológica de Plomo en suelo de Lima Metropolitana. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2010
22. Moron D, Vasquez J. Determinación de concentración de Mercurio en sedimentos, moluscos, bivalvos y peces de las cercanías de una planta de cloro soda, Oquendo, Callao. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2011.
23. Lucero D, Tupiño J. Determinación de Arsénico y Cadmio en aguas de consumo humano de la comunidad urbana autogestionaria de Huyacán - Distrito de Ate. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2012
24. Montellanos H. Determinación de Arsénico en vino de los distritos de Sunampe y Grocio Prado. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2013.
25. Balbin N, Estacio A. Determinación de las concentraciones de Plomo y Cadmio en papas (*Solanum tuberosum*) cultivadas en los terrenos caribeños

- del río Santa – Ancash. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2013.
26. Caballero C. Evaluación química toxicológica de Plomo (Pb) por el método espectrofotométrico de absorción atómica, en lápices de colores y crayones, usados por niños menores de 6 años de edad. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2013.
27. León, S. Ramos A. Determinación de Arsénico y Cadmio en agua embotellada de consumo humano comercializada en cinco distritos de Lima Metropolitana. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
28. Guerra J. Determinación de Plomo en suelos del distrito de San Juan de Lurigancho. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
29. Antay J, Saire A. Cuantificación de Plomo en Sangre y Protoporfirina zinc eritrocitaria en trabajadores de empresas de servicio de fotocopiado que funcionan en el campus universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
30. Gonzales L, Osorio J. Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de la concentración de Cadmio y Arsénico en aguas de consumo humano de la comunidad urbana de chuquitanta - Distrito de San Martín de Porres. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
31. Del Castillo L, Santiago M. Determinación de Arsénico, en agua de consumo y en orina de los pobladores de la comunidad de alto Huancané del distrito de Yauri, de la provincia de Espinar del Departamento del Cusco. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
32. Basualdo G, Yacila J. Determinación de Arsénico y Cadmio en aguas del río Rímac y habas cultivadas en el distrito de San Mateo de Huánchor de la región de Lima. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2015.
33. Gonzáles S. Determinación cuantitativa de Plomo, Cadmio y Mercurio en huevos de gallina de venta en mercados populares del cono norte de Lima


- Perú. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2015.
34. Raraz E. Determinación química toxicológica de Plomo y Cadmio en agua para consumo humano proveniente de los reservorios de la zona de San Juan Pampa - Distrito de Yanacancha – Pasco. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2015.
35. Graza F, Quispe Ronal. Determinación de Plomo, Cadmio, Arsénico en aguas del río Santa en el pasivo minero ambiental de Recuay, Ticapampa; Recuay – Ancash. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2015.
36. Luna R, Rodríguez V. Determinación de las concentraciones de Cadmio y Plomo en papa (*Solanum tuberosum*) cosechadas en las cuencas de los ríos Mashcon y Chonta – Cajamarca. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2016.
37. Olazabal G, Quispe R. Determinación de Plomo en sombras para ojos de diferentes marcas comercializadas en Lima Metropolitana. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2018.
38. Ynocente C, Olórtegui D. Evaluación del riesgo toxicológico en personas expuestas a suelos con plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los alrededores del Parque Industrial Infantas en Lima – Perú. [Tesis de grado]. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2018.

13. ANEXOS

Anexo 1: Estándares de calidad ambiental

12

NORMAS LEGALES

Sábado 2 de diciembre de 2017 /  El Peruano

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y el artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM; corresponde disponer la publicación de la propuesta de metodología en el Diario Oficial El Peruano, antes de la fecha prevista para su entrada en vigencia, con la finalidad de permitir a las personas interesadas formular los comentarios y aportes respectivos;

Con los vistos de la Secretaría General, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica, y en uso de las facultades conferidas en la Ley de Recursos Hídricos, el Reglamento de Organización y Funciones de esta autoridad, aprobado por Decreto Supremo N° 06-2010-AG, y modificado por Decreto Supremo N° 012-2016-MINAGRI;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Dispóngase la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial El Peruano y del documento denominado "Metodología para la determinación del índice de calidad de agua para los recursos hídricos superficiales en el Perú ICA-PE", en el portal web de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe, por el plazo de quince (15) días hábiles, a fin que los interesados remitan sus opiniones y sugerencias a la dirección electrónica siguiente: IndiceCalidadAgua@ana.gob.pe.

Artículo 2.- Encargar a la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la recepción y análisis de los aportes y comentarios que se presenten respecto al documento citado en el artículo precedente.

Regístrese, comuníquese y publíquese,

ABELARDO DE LA TORRE VILLANUEVA
Jefe
Autoridad Nacional del Agua

1593024-1

AMBIENTE

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

DECRETO SUPREMO
N° 011-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo con lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, según lo dispuesto en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA, las que serán remitidas a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante decreto supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, esta entidad tiene como función específica elaborar los ECA, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante decreto supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM se aprueban los ECA para Suelo y, a través del Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM se aprueban las disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 013-2015-MINAM se dictan las reglas para la presentación y evaluación del Informe de Identificación de Sitios Contaminados;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado

DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO


El Peruano

REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica a las entidades que conforman el Poder Legislativo, Poder Ejecutivo, Poder Judicial, Organismos constitucionales autónomos, Organismos Públicos, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, que para efectos de la publicación de sus disposiciones en general (normas legales, reglamentos jurídicos o administrativos, resoluciones administrativas, actos de administración, actos administrativos, etc) con o sin anexos, que contengan más de una página, se adjuntará un CD o USB en formato Word con su contenido o éste podrá ser remitido al correo electrónico normaslegales@editoraperu.com.pe.

LA DIRECCIÓN

de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, siendo una de sus funciones específicas, analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental del país;

Que, en mérito a la evaluación técnica realizada por el citado Grupo de Trabajo, se identificó la necesidad de actualizar los ECA para Suelo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 182-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los ECA para Suelo, en cumplimiento del artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente; y la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, que como Anexo forman parte integrante del presente decreto supremo.

Artículo 2.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo como referente obligatorio

Los ECA para Suelo constituyen un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios.

Artículo 3.- De la superación de los ECA para Suelo

De superarse los ECA para Suelo, en aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios, las personas naturales y jurídicas a cargo de estas deben realizar acciones de evaluación y, de ser el caso, ejecutar acciones de remediación de sitios contaminados, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente.

Lo indicado en el párrafo anterior no aplica cuando la superación de los ECA para Suelo sea inferior a los niveles de fondo, los cuales proporcionan información acerca de las concentraciones de origen natural de las sustancias químicas presentes en el suelo, que pueden incluir el aporte de fuentes antrópicas no relacionadas al sitio en evaluación.

Artículo 4.- Refrendo

El presente decreto supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud, el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Ministro de la Producción, el Ministro de Transportes y Comunicaciones, y el Ministro de Agricultura y Riego.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Criterios para la gestión de sitios contaminados

Mediante decreto supremo, a propuesta del Ministerio del Ambiente y en coordinación con los sectores competentes, se aprobarán los criterios para la gestión de sitios contaminados, los mismos que regulan las acciones señaladas en el artículo 3 del presente decreto supremo.

Segunda.- Aplicación del ECA para Suelo en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Suelo en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Suelo se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial correspondiente.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental en trámite ante la Autoridad Competente

Los/as titulares que, antes de la entrada en vigencia de la presente norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Suelo vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los/as titulares deberán considerar lo establecido en la Segunda Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Suelo aprobados mediante el presente decreto supremo.

Segunda.- De los procedimientos en trámite para la adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a los ECA

Los procedimientos de adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a los estándares de calidad ambiental (ECA), iniciados con anterioridad a la vigencia del presente decreto supremo, se resuelven conforme a las disposiciones normativas vigentes al momento de su inicio.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, y el Decreto Supremo N° 003-2014-MINAM, que aprueba la Directiva que establece el procedimiento de adecuación de los instrumentos de gestión ambiental a nuevos Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, al primer día del mes de diciembre del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

CAYETANA ALJOVÍN GAZZANI
Ministra de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ CALDERÓN
Ministro de la Producción

FERNANDO ANTONIO D'ALESSIO IPINZA
Ministro de Salud

BRUNO GIUFFRÀ MONTEVERDE
Ministro de Transportes y Comunicaciones

CARLOS RICARDO BRUCE MONTES DE OCA
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO
ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) y (8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ / Industrial/ Extractivo ⁽⁶⁾	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Notas:

[**] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.

(1) **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

(2) PS: Peso seco.

(3) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

(4) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

(5) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

(6) **Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

(7) Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados y que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la *International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)*. Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA

- correspondiente al parámetro bajo análisis.
- (8) Para aquellos parámetros respecto de los cuales no se especifican los métodos de ensayo empleados para la determinación de las muestras, se deben utilizar métodos que cumplan con las condiciones señaladas en la nota (7).
- (9) **EPA:** Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, por sus siglas en inglés).
- (10) Este parámetro comprende la suma de Xilenos: o-xileno, m-xileno y p-xileno. En el respectivo informe de ensayo se debe reportar la suma de los Xilenos, así como las concentraciones y límites de cuantificación de los tres (3) isómeros de manera individual.
- (11) **Fracción de hidrocarburos F1 o fracción ligera:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre seis y diez átomos de carbono (C6 a C10). Los hidrocarburos de fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, solventes, gasolinas, gas nafta, entre otros.
- (12) **Fracción de hidrocarburos F2 o fracción media:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a diez y hasta veintiocho átomos de carbono (>C10 a C28). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diesel, turbosina, queroseno, mezcla de creosota, gasolvente, gasolinas, gas nafta, entre otros.
- (13) **Fracción de hidrocarburos F3 o fracción pesada:** Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a veintiocho y hasta cuarenta átomos de carbono (>C28 a C40). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, parafinas, petrolatos, aceites del petróleo, entre otros.
- (14) Suma de siete PCB indicadores: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 y PCB 180.
- (15) De acuerdo con la metodología de Alberta Environment (2009): *Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health*. ISBN No. 978-0-7785-7691-4. En el caso de sitios con presencia de baritina se podrán aplicar los valores establecidos para *Bario total real* en la Tabla 1. Un sitio con presencia de baritina se determina cuando todas las muestras de suelo cumplen con los valores establecidos para *Bario extraíble*, de acuerdo con lo indicado en la tabla 1.

Tabla 1. Valores para bario en sitios con presencia de baritina^(a)

Parámetros en mg/kg PS	Uso del suelo		
	Suelo Agrícola ^(b)	Suelo Residencial/Parques ^(c)	Suelo Comercial ^(d) /Industrial/Extractivo ^(e)
Bario extraíble ^(f) (Extractable Barium)	250	250	450
Bario total real en sitios con presencia de baritina ^(g) (True total Barium at Barite Sites)	10 000	10 000	15 000 ^(h) 140 000 ⁽ⁱ⁾

Notas:

- (a) A efectos de aplicar los valores establecidos para el Bario total, *Bario extraíble* o *Bario total real* en sitios con presencia de baritina, corresponde utilizar el procedimiento detallado por Alberta Environment (2009). *Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health*. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.
- (b) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.
- (c) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.
- (d) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.
- (e) **Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o

aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

- (f) Se determina mediante la medición en solución extractora 0,1 M CaCl₂, de acuerdo con la metodología establecida por Alberta Environment (2009). *Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health*. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.
- (g) Valores aplicables en sitios que cumplen con las concentraciones de Bario extraíble. La concentración del Bario total real se determina mediante las técnicas de fusión XRF o por fusión ICP, de acuerdo con la metodología establecida por Alberta Environment (2009). *Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health*. ISBN N° 978 0 7785-7691-4.
- (h) Suelo comercial.
- (i) Suelo industrial/extractivo.

- (16) **DIN:** Instituto Alemán de Normalización (Deutsches Institut für Normung, por sus siglas en alemán).

1593392-5

Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados

DECRETO SUPREMO
N° 012-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, señala que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley;

Que, en virtud del numeral 16.2 del artículo 16 de la Ley, los instrumentos de gestión ambiental constituyen medios operativos que son diseñados, normados y aplicados con carácter funcional o complementario para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental y las normas ambientales que rigen en el país;

Que, asimismo, según lo dispuesto por el numeral 17.2 del artículo 17 de la Ley, los planes de remediación constituyen un tipo de instrumento de gestión ambiental;

Que, el numeral 30.1 del artículo 30 de la Ley, referido a los planes de descontaminación y el tratamiento de pasivos ambientales, señala que estos están dirigidos a remediar impactos ambientales originados por uno o varios proyectos de inversión o actividades, pasados o presentes; asimismo, precisa que los citados planes deben considerar el financiamiento y las responsabilidades que correspondan a los titulares de las actividades contaminantes, incluyendo la compensación por los daños generados, bajo el principio de responsabilidad ambiental;

Que, de conformidad con el numeral 30.2 del artículo 30 de la Ley, las entidades con competencias ambientales promueven y establecen planes de descontaminación y recuperación de ambientes degradados, y la Autoridad Ambiental Nacional establece los criterios para su elaboración;

AMBIENTE**Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias**

DECRETO SUPREMO
N° 003-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante

la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley, establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas y es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo señalado en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM se aprueba el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, el cual tiene por objetivo establecer los ECA para Aire y los lineamientos de estrategia para alcanzarlos progresivamente;

Que, a través del Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, se adiciona el valor anual de concentración de Plomo a los ECA para Aire establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, aprobado por Decreto Supremo N° 074-2001-PCM;

Que, mediante Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM, se aprueban nuevos parámetros y valores en los ECA para Aire y se modifica, entre otros, el valor del Dióxido de Azufre;

Que, mediante Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM, se aprueban las disposiciones complementarias para la aplicación del ECA de Aire para el Dióxido de Azufre;

Que, a través de la Resolución Ministerial N° 205-2013-MINAM se establecen las cuencas atmosféricas a las cuales les será aplicable los numerales 2.2 y 2.3 del artículo 2 del Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado por el citado Grupo de Trabajo se ha identificado la necesidad de actualizar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para Aire;

Que, por otro lado, mediante Resolución Suprema N° 768-98-PCM, modificada por Resolución Suprema N° 588-99-PCM y Resolución Suprema N° 007-2004-VIVIENDA, se creó el Comité de Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, con la finalidad de proponer mecanismos de coordinación interinstitucional y los cambios normativos orientados a la mejora de la calidad del aire de Lima y Callao;

Que, resulta necesario que el referido Comité se enmarque dentro de lo dispuesto en el numeral 3 del artículo 36 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, que establece que las Comisiones Multisectoriales de

naturaleza permanente son creadas con fines específicos para cumplir funciones de seguimiento, fiscalización, o emisión de informes técnicos. Se crean formalmente mediante decreto supremo refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros y los titulares de los Sectores involucrados. Cuentan con Reglamento Interno aprobado por Resolución Ministerial del Sector al cual están adscritas;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 094-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los ECA para aire y establece disposiciones complementarias, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Aire como referente obligatorio

2.1 Los ECA para Aire son un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, a cargo de los titulares de actividades productivas, extractivas y de servicios.

2.2 Los ECA para Aire, como referente obligatorio, son aplicables para aquellos parámetros que caracterizan las emisiones de las actividades productivas, extractivas y de servicios.

Artículo 3.- Financiamiento

El financiamiento para la aplicación de lo dispuesto en la presente norma, se realizará con cargo al presupuesto institucional de los pliegos involucrados, sin demandar recursos adicionales al Tesoro Público.

Artículo 4.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, la Ministra de Salud, el Ministro de Transportes y Comunicaciones, el Ministro de Energía y Minas, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los ECA para Aire en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Aire en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Aire se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Monitoreo de la calidad del aire

Mediante Decreto Supremo, a propuesta del Ministerio del Ambiente, en coordinación con las autoridades competentes, se aprobará el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, en un plazo máximo de ciento ochenta (180) días calendario, contados desde la entrada en vigencia del presente dispositivo.

En tanto se apruebe el citado Protocolo Nacional, el monitoreo de la calidad del aire se realizará conforme a la normativa vigente.

Tercera.- Grupos de Estudio Técnico Ambiental de Calidad del Aire

El Ministerio del Ambiente, mediante resolución ministerial, en el plazo máximo de noventa (90) días calendario, contados desde la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, aprobará los lineamientos para fortalecer e incorporar a los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de la Calidad del Aire en las Comisiones Ambientales Municipales (CAM) Provinciales, en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

En tanto se apruebe los citados lineamientos, los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de la Calidad del Aire continuarán ejerciendo las siguientes funciones: a) Supervisar los diagnósticos de línea base; b) Formular los planes de acción para el mejoramiento de la calidad del aire; y c) Proponer las medidas inmediatas que deban realizarse en los estados de alerta nacionales para contaminantes del aire.

Cuarta.- Zonas de Atención Prioritaria

Las Zonas de Atención Prioritaria son aquellos centros poblados que cuenten con actividades económicas que planteen real o potencial afectación en la calidad del aire, que posean actividad vehicular ambientalmente relevante, o que cuenten con una dinámica urbana que implique un potencial incremento de emisiones atmosféricas.

El Ministerio del Ambiente, mediante resolución ministerial, desarrollará los lineamientos para la determinación de las Zonas de Atención Prioritaria en un plazo máximo de ciento veinte (120) días calendario, contados desde la entrada en vigencia del presente decreto supremo. Asimismo, el Ministerio del Ambiente, mediante resolución ministerial, establecerá las Zonas de Atención Prioritaria, en coordinación con las autoridades competentes, Las Zonas de Atención Prioritaria creadas con anterioridad mantienen su vigencia.

Quinta.- Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire

Los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de las provincias conurbadas de Lima y el Callao, son formulados por la Comisión Multisectorial de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima y Callao, y aprobados por el Ministerio del Ambiente.

Los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de las demás provincias serán aprobados mediante Ordenanza Municipal del Gobierno Local competente. En tanto se aprueben los lineamientos a los que se hacen referencia en la tercera disposición complementaria final, los Planes de Acción aprobados con anterioridad, deberán continuar con su implementación.

La Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente realizará el seguimiento de la implementación de los Planes de Acción.

Sexta.- Estados de Alerta Nacionales para contaminantes del aire

El Ministerio de Salud es la autoridad competente para declarar los Estados de Alerta Nacionales para contaminantes del aire que tengan por objeto activar, en forma inmediata, un conjunto de medidas destinadas a prevenir el riesgo a la salud y evitar la exposición excesiva de la población a los contaminantes del aire, durante episodios de contaminación aguda.

El Ministerio de Salud, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, establece los niveles de Estados de Alerta.

Sétima.- Estándar de Calidad Ambiental para Aire de Mercurio Gaseoso Total

El ECA para Aire del parámetro Mercurio Gaseoso Total, aprobado mediante el presente Decreto Supremo, entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA**Única.- Instrumento de gestión ambiental en trámite ante la Autoridad Competente**

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento

administrativo para aprobación del instrumento de gestión ambiental ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Aire vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Aire aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS MODIFICATORIAS**Primera.- Adecuación del Comité de Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao a Comisión Multisectorial de naturaleza permanente**

Modifícase el artículo 1 de la Resolución Suprema N° 768-98-PCM, modificada por las Resoluciones Supremas N° 588-99-PCM y N° 007-2004-VIVIENDA, así como los artículos 2, 3 y 4 de la Resolución Suprema N° 007-2004-VIVIENDA, e incorpórase el artículo 5 en la Resolución Suprema N° 007-2004-VIVIENDA, los mismos que quedan redactados conforme al siguiente texto:

“Artículo 1.- Constituir la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, la cual está adscrita al Ministerio del Ambiente e integrado por:

- El/La Viceministro (a) de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente, quien lo presidirá.
- El/La Directora(a) General de Asuntos Ambientales de Industria del Ministerio de la Producción.
- El/La Director(a) General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas del Ministerio de la Producción.
- El/La Director(a) General de Asuntos Ambientales Energéticos del Ministerio de Energía y Minas.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Transporte Terrestre del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Asuntos Socio-Ambientales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria del Ministerio de Salud.
- El/La Presidente(a) Ejecutivo(a) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI.
- Dos representantes de la Municipalidad Metropolitana de Lima.
- Dos representantes de la Municipalidad Provincial del Callao.
- Dos representantes de la Confederación Nacional de Instituciones Empresariales Privadas - CONFIEP.
- Un representante de la Asociación Peruana de Consumidores y Usuarios - ASPEC.

Los representantes podrán acreditar ante la Secretaría Técnica a sus representantes alternos.

La Comisión podrá convocar, a personas naturales o jurídicas de derecho privado o público, a participar en sus reuniones, de acuerdo a la materia a ser tratada”.

“Artículo 2.- Creación de la Secretaría Técnica

Créase la Secretaría Técnica de la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, la cual dependerá del Viceministerio de Gestión Ambiental.”

“Artículo 3.- Reglamento Interno

La Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, formulará su Reglamento Interno, el cual será aprobado mediante

Resolución Ministerial expedida por el Ministerio del Ambiente."

"Artículo 4.- Finalidad

La Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao emitirá los informes técnicos que contengan las propuestas de mecanismos de coordinación interinstitucional y las modificaciones normativas orientadas a mejorar la calidad del aire de Lima y Callao."

"Artículo 5.- Financiamiento

El cumplimiento de las funciones de la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao se financia con cargo al presupuesto institucional del Ministerio del Ambiente, sin demandar recursos adicionales al Tesoro Público. Asimismo, los gastos que pueda involucrar la participación de los representantes de la citada Comisión Multisectorial se financian con cargo al presupuesto de las entidades a las cuales pertenecen".

Segunda.- Modificación del Reglamento Interno de la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao

Mediante Resolución Ministerial emitida por el Ministerio del Ambiente, en el plazo máximo de treinta (30) días hábiles contados desde la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao modificará su Reglamento Interno, aprobado por Resolución Ministerial N° 229-2013-VIVIENDA.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación de normas referidas al ECA para Aire

Derógase el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, el Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM y el Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRÁ
Ministra de Salud

BRUNO GIUFFRÀ MONTEVERDE
Ministro de Transportes y Comunicaciones

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Anexo Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Período	Valor [µg/m³]	Criterios de evaluación	Método de análisis ⁽¹⁾
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) ⁽²⁾	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

NE: No Exceder.

⁽¹⁾ o método equivalente aprobado.

⁽²⁾ El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales**a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**a) Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos**- Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precísese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermiales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8.- Sistematización de la información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA
DEROGATORIA**

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua
Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo ($C_n - C_{10}$)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁵	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO_3^- -N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N ($\text{NO}_2\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO_2).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{E_{\text{CAcloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{E_{\text{CADibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{E_{\text{CABromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{E_{\text{CABromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃-).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 3:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃).

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		~ 5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	μg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	μg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	μg/L	0,004		0,7
Clordano	μg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	μg/L	0,001		30
Dieldrin	μg/L	0,5		0,5
Endosulfán	μg/L	0,01		0,01
Endrin	μg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	μg/L	0,01		0,03
Lindano	μg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	μg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ($\text{NO}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10*	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N ($\text{NH}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2

Anexo 2: Matriz de tesis analizadas

Título	Autor	Título profesional / Grado Académico	Año de Publicación	Asesor(es)	Metales Analizados	Tipo de muestra analizada	Diseño de tesis	Metodos	Muestras	Resultados Promedio	Limites	Resultado
Deteminación de Arsénico por absorción atómica, en agua de consumo humano proveniente de Sedapal, de cisterna y de poco del distrito de Puente Piedra	Flores Espinoza, Edwin Perez Bobadilla, Javier	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2009	Lizano Gutiérrez, Jesús Victor (Q.F.)	Arsénico	Aguas	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	38	Sedapal 9.13 microg/L Cisterna 5.04 microg/L Pozo: 22.40 microg/L	OMS: 10 microg/L NTP: 50 microg/L	Mayor al límite superior (parcial)
Determinación de Plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al asentamiento humano Cultura y Progreso del distrito de Ñaña - Chacabayo	Oriundo Guardia, Cristia Robles, Jhon	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2009	Lizano Gutiérrez, Jesús Victor (Q.F.) Castro Luna, Américo Jorge	Plomo	Suelos y techos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	42	Suelo: 97.90 mg / Kg Techo: 123.57 mg / Kg	OMS: 25 mg/Kg en suelo	Mayor al límite superior (total)
Determinación y cuantificación químico toxicológica de Mercurio en pilas de zinc-carbono	Hospina Hernández, Luis	Escuela Profesional de Farmacia y	2009	Lizano Gutiérrez, Jesús Victor	Mercurio	Pilas	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (arrastre de	48	C: 2.0930 ppm D: 1.4062 ppm AA: 0.6547	D.S. 018-2005-PRODUCE 0.5 ppm	Mayor al límite superior

	Urruchi Huertas, Jack	Bioquímica		(Q.F.)				vapor frío)		ppm AAA: 0.6679 ppm		(total)
Evaluación química toxicológica de Plomo en suelo de Lima Metropolitana	Castillo Alegría, Yulisa	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2010	Lizano Gutiérrez, Jesús Víctor (Q.F.)	Plomo	Suelos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (llama aire/acetileno)	40	189.39 mg / Kg	OMS: 25 mg/Kg en suelo	Mayor al límite superior (total)
Determinación de concentración de Mercurio en sedimentos, moluscos, bivalvos y peces de las cercanías de una planta de cloro soda, Oquendo, Callao	Moron Arias, Dora Vasquez Gonzales, Jenny	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2011	García Ortiz, Mesías Moisés (Dr.)	Mercurio	Sedimentos Animales	Observacional y Transversal	Espectrofotometría de absorción atómica (con generación de hidruros)	30	Sedimento: 1.011 mg/Kg Moluscos: 0.2239 mg/Kg Peces: 0.1535 mg/kg	OMS Sedimento: 0.1 mg/Kg EPA (Biota): 0.5 mg/Kg EPA (Para peces no predatorios): 0.5 mg/Kg	Mayor al límite superior (parcial)
Deteminación de Arsénico y Cadmio en aguas de consumo humano de la comunidad urbana autogestionaria de Huycán - Distrito de Ate	Lucero Leiva, David Tupiño Paucar chuco, Jhony	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2012	Apeste guía Infantes, José Alfonso (Mg.) García Ortiz, Mesías Moisés	Arsénico Cadmio	Aguas	Transversal-observacional-descriptivo-comparativo	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	30	Cisterna: As: 0.00178 mg/L Cd: 0.01387 mg/L SEDAPAL (reservorios): As: 0.00177 mg/L Cd: 0.01472 mg/L	OMS-Reglamento de calidad de Agua para consumo humano Peru As: 0.01 mg/L Cd: 0.003 mg/L	Mayor al límite superior (parcial)

				s (Dr.)								
Deteminación de Arsénico en vino de los distritos de Sunampe y Grocio Prado	Monte llanos Cabrer a, Henry	Escuela Profesio nal de Farmaci a y Bioquími ca	2013	Felix Veliz, Luis Miguel (Mg.)	Arsénico	Aliment os	Investigac ión experime ntal - Deductivo	Espectrofoto metría de absorción atómica (con generación de hidruros)	34	19.69 microg/L	Codex-OIV (Organización intenacional de viña y el vino) 200 microg/L	Menor al límite superi or
Determinación de las concentraciones de Plomo y Cadmio en papas (Solanum tuberosum) cultivadas en los terrenos caribeños del río Santa - Ancash	Balbin Ventur o, Nelly Estacio Soria, Anibal	Escuela Profesio nal de Farmaci a y Bioquími ca	2013	Lizano Gutiér rez, Jesús Victor (Q.F.)	Cadmio Plomo	Aliment os	No detalla	Espectrofoto metría de absorción atómica (horno de grafito)	27	Pb: 1.1814 ppm Cd: 0.102 ppm	Codex: Pb: 0.1 ppm Cd: 0.1 ppm	Mayor al límite superi or (total)
Evaluación química toxicológica de Plomo (Pb) por el método espectrofotométrico de absorción atómica, en lápices de colores y crayones, usados por niños menores de 6 años de edad	Caball ero Huarca ya, Carlos Santos Hilario , Peggi	Escuela Profesio nal de Farmaci a y Bioquími ca	2013	Lizano Gutiér rez, Jesús Victor (Q.F.)	Plomo	Utiles de escritori o	No detalla	Espectrofoto metría de absorción atómica (llama aire/acetilen o)	127	Lapiz color: 53.5 ppm Lapiz cera: 41.5 ppm	Ley 28376: 90 ppm	Menor al límite superi or
Deteminación de Arsénico y Cadmio en agua embotellada de consumo humano comercializada en cinco distritos de Lima Metropolitana	León Sánch ez, Steve Ramos Arias, Ali	Escuela Profesio nal de Farmaci a y Bioquími ca	2014	Apeste guía Infant es, José Alfons o (Mg.)	Arsénico Cadmio	Agua	Transvers al-observaci onal-descriptiv o-comparati vo	Espectrofoto metría de absorción atómica (horno de grafito)	40	Ambulante: As: 1.7 ppb Cd: 0.9 ppb Supermercado: As: 1.8 ppb Cd: 1.0 ppb	OMS-Reglamento de calidad de Agua para consumo humano Peru (D.S. 031-2010-SA) As: 10 ppb Cd: 3 ppb	Menor al límite superi or

Determinación cuantitativa de Metales Pesados en cinco especies vegetales en bolsas filtrantes para infusiones expendidas en Lima Metropolitana - 2013	Nuguet Tapia, Rodolfo	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2014	-	Cadmio Plomo Arsénico Mercurio	Alimentos	Descriptivo- Transversal- Correlacional	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito): Pb y Cd Espectrofotometría de absorción atómica (con generación de hidruros): As Espectrofotometría de absorción atómica (con vapor frío): Hg	36	As: 0.06 microg/g Cd: 0.28 microg/g Pb: 4.21 microg/g Hg: 0.01 microg/g	OMS: Cd: 0.3 microg/g Pb: 10 microg/g EP: Cd: 0.5 microg/g Pb: 5 microg/g Hg: 0.1 microg/g Codex: Cd: 0.2 microg/g As: 0.2 microg/g UE: Hg: 0.02 microg/g	Mayor al límite superior (parcial)
Determinación de Plomo en suelos del distrito de San Juan de Lurigancho	Guerra Pizarro, Juan Pablo	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2014	Llahuilla Quea, José Antonio (Q.F.)	Plomo	Suelos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (llama aire/acetileno)	30	103.9 ppm	OMS: 25 ppm en suelo	Mayor al límite superior (total)
Cuantificación de Plomo en Sangre y Protoporfirina zinc eritrocitaria en trabajadores de empresas de servicio de fotocopiado que funcionan	Antay Utaní, José Saire Marin,	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2014	Apesteúa Infantés, José	Plomo	Seres humanos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de	25	0.056 microg/dL	OMS: 40 microg/dL	Menor al límite superior

en el campus universitario de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Alonso	Bioquímica		Alfonso (Mg.) García Ortiz, Mesias Moisés (Dr.)				grafito)				
Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de la concentración de Cadmio y Arsénico en aguas de consumo humano de la comunidad urbana de chuquitanta - Distrito de San Martín de Porres	Gonzales Poveda, Luis Osorio Fernández, Johél	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2014	Apeste guía Infantes, José Alfonso (Mg.) García Ortiz, Mesias Moisés (Dr.)	Arsénico Cadmio	Aguas	Descriptiva-Explicativa-Transversal	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	30	Sedapal: As: 0.00127 mg/L Cd: 0.00417 mg/L Cisterna: As: 0.00121 mg/L Cd: 0.00439 mg/L Cilindros: As: 0.00167 mg/L Cd: 0.00108 mg/L	OMS: Cd: 0.003 mg/L As: 0.01 mg/L	Mayor al límite superior (parcial)
Determinación de Arsénico, en agua de consumo y en orina de los pobladores de la comunidad de alto Huancané del distrito de Yauri, de la provincia de Espinar del Departamento del Cusco	Del Castillo Messa, Lucía Santiago Aquisé,	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2014	García Ortiz, Mesias Moisés (Dr.) Quiroz Valdivia, Rodolfo	Arsénico	Aguas de consumo humano Seres humanos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	Agua: 28 Orina: 28	Agua: 21.02 microg/L Orina: 30.83 microg/L	OMS-MINSA (Agua): 10 microg/L OMS-MINSA (Orina): 50 microg/L	Mayor al límite superior (parcial)

	Mario			o Santia go (Dr.)								
Deteminación de Arsénico y Cadmio en aguas del río Rímac y habas cultivadas en el distrito de San Mateo de Huánchor de la región de Lima	Basualdo Larrazabal, Goannie Yacila Frías, Juan Daniel	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2015	Lizano Gutiérrez, Jesús Víctor (Q.F.)	Arsénico Cadmio	Aguas de Río Alimentos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	Agua: 14 Haba: 16	Agua: As: 18.35 ppb Cd: No se detectó. Valores por debajo de 4 ppb (Sensibilidad del equipo) Habas: As: No se detectó. Valores por debajo de 5 ppb (Sensibilidad del equipo) Cd: 49.45 ppb	Agua: OMS As: 50 ppb OMS Cd: 5 ppb Habas: Codex As: 100 ppb Codex Cd: 100 ppb	Menor al límite superior
Determinación cuantitativa de Plomo, Cadmio y Mercurio en huevos de gallina de venta en mercados populares del cono norte de Lima - Perú	González Elera, Sixto	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2015	Roque Alcarraz, Mirtha (Mg.)	Cadmio Plomo Mercurio	Alimentos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito) Pb y Cd Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	40	Clara: Pb: 0.626 ppm Cd: 0.004 ppm Hg: 0.521 ppm Yema:	NOM (Norma oficial Mexicana) Pb: 0.1 ppm Hg: 0.03 ppm Cd: 0.05 ppm	Mayor al límite superior (parcial)

								metría de absorción atómica (con generación de hidruros) Hg		Pb: 0.664 ppm Cd: 0.0035 ppm Hg: 0.258 ppm Huevo entero: Pb: 0.684 ppm Cd: 0.0030 ppm Hg: 0.436 ppm		
Determinación química toxicológica de Plomo y Cadmio en agua para consumo humano proveniente de los reservorios de la zona de San Juan Pampa - Distrito de Yanacancha - Pasco	Raraz Palpán, Edwin	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2015	Llahuilla Quea, José Antonio (Q.F.)	Cadmio Plomo	Aguas de consumo humano	Transversal- Descriptivo- Comparativo	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	20	Cd: 0.0155 mg/L Pb: 0.2152 mg/L	OMS: Cd: 0.003 mg/L Pb: 0.010 mg/L	Mayor al límite superior (total)
Determinación de Plomo, Cadmio, Arsénico en aguas del río Santa en el pasivo minero ambiental de Recuay, Ticapampa; Recuay - Ancash	Graza Evaristo, Franklin Quispe Pozo, Ronald	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2015	Lizano Gutiérrez, Jesús Víctor (Q.F.)	Cadmio Plomo Arsénico	Aguas de Río	Descriptivo- Transversal- Experimental	Espectrofotometría de absorción atómica (llama aire/acetileno)	9	As: 0.0403 mg/L Cd: 0.0396 mg/L Pb: 0.6402 mg/L	MA (Estándares de calidad de agua del ministerio del ambiente) As: 0.01 mg/L Cd: 0.003 mg/L Pb: 0.01 mg/L	Mayor al límite superior (total)

Determinación de las concentraciones de Cadmio y Plomo en papa (<i>Solanum tuberosum</i>) cosechada en las cuencas de los ríos Mashcon y Chonta - Cajamarca	Luna Arenas, Ruth Rodríguez Lozada, Víctor	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2016	Lizano Gutiérrez, Jesús Víctor (Q.F.)	Cadmio Plomo	Alimentos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	40	Pb: No se detectó (límite 0.5 ppb) Río Mashcón: Cd: 0.3095 ppm Río Chonta: Cd: 0.3078 ppm	Codex: Pb: 0.1 ppm Cd: 0.1 ppm	Mayor al límite superior (parcial)
Determinación de Metales Pesados (Plomo y Cadmio) en lechuga (<i>Lactuca Sativa</i>) en mercados del cono norte, centro y cono sur de Lima Metropolitana	Madueño Ventura, Frescia	Escuela Profesional de Toxicología	2017	García Ortiz, Mesías Moisés (Dr.)	Plomo Cadmio	Alimentos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	40	Pb: 1.279 ppm Cd: 0.084 ppm	OMS: Pb: 0.3 ppm Cd: 0.2 ppm	Mayor al límite superior (parcial)
Evaluación microbiológica (Aerobios mesófilos, <i>Bacillus cereus</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>) y químico toxicológica de metales pesados (Pb, Hg) en leche para consumo humano en el distrito de Puente Piedra - Lima	Obregón Dionicio, Deniz Zambrano Charca, Zoila	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2017	Llahuilla Quea, José Antonio (Q.F.) Roque Alcarraz, Mirtha (Mg.)	Plomo Mercurio	Alimentos	Observacional- Descriptivo- Transversal	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	40	Pb: 0.1054 ppm Hg: 0.0063 ppm	Reglamento de leche y productos lácteos peruano (Pb): 0.02 ppm Norma Técnica Ecuatoriana 009:2018 (Hg): 0.005 ppm	Mayor al límite superior (total)

Determinación de niveles de Plomo en pobladores adultos del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe", distrito Mi Perú, de la provincia constitucional del Callao	Chávez Quispe, Alejandro	Escuela Profesional de Toxicología	2018	García Ortiz, Mesías Moisés (Dr.)	Plomo	Seres humanos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	40	Asentamiento Pb: 2.288 microg/dL No asentamiento Pb: <0.1 microg/dL	OMS: 20 microg/dL	Menor al límite superior
Determinación de Plomo en sombras para ojos de diferentes marcas comercializadas en Lima Metropolitana	Olazabal Espinoza, Gloria Quispe Alarcón, Rebeca	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2018	Llahuilla Quea, José Antonio (Q.F.)	Plomo	Cosméticos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	30	6.7462 ppm	FDA: 10 ppm	Menor al límite superior
Determinación de plomo y arsénico en lápices labiales de diferentes marcas que se expenden en Lima Metropolitana	Laguna Gozme, Lizbeth Ricaldi Casas, Edson	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2017	Llahuilla Quea, José Antonio (Q.F.)	Plomo Arsénico	Cosméticos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	32	Pb: 6.60 ppm As: 3.34 ppm	FDA: 10 ppm 3 ppm	Mayor al límite superior (parcial)

Determinación de arsénico, mercurio y plomo en truchas (<i>Oncorhynchus mykiss</i>), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, región Lima	Rivas, Walter	Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica	2018	Felix Veliz, Luis Miguel (Dr.)	Plomo Arsénico Mercurio	Animales Agua	experimental-observacional-analítico, transversal-cuantitativo	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito) Pb Espectrofotometría de absorción atómica (con generación de hidruros) As, Hg	36	<p>Aguas: As: 5.35 ppb Hg: 0.7777 ppb Pb: 0.61025 ppm</p> <p>Truchas: As: 0.8075 ppb Hg: 0.255 ppb Pb: 0.808 ppm</p> <p>Pienso: As: 16.763 ppb Hg: 0.0175 ppb Pb: 1.9877 ppm</p>	<p>Codex: Trucha: 200 ppb As Agua: 50 ppb As (=SANIPES) Pienso: 2000 ppb As</p> <p>Trucha: 500 ppb Hg Agua: 1 ppb Hg Pienso: 100 ppb Hg</p> <p>Trucha: 0,3 ppm Pb Agua: 0.01 ppm Pb Pienso: 5 ppm Pb</p> <p>C.E.: Trucha: 300 ppb As Agua: 50 ppb As Pienso: 600 ppb As</p> <p>Trucha: 300 ppb Hg Agua: 1 ppb Hg Pienso: 100 ppb Hg</p> <p>Trucha: 0,3 ppm Pb</p>	Menor al límite superior
--	---------------	--	------	--------------------------------	-------------------------------	------------------	--	--	----	--	---	--------------------------

											Agua: 0.01 ppm Pb Pienso: 3 ppm Pb SANIPES: Pienso: 6000 ppb As Trucha: 500 ppb Hg Agua: 20 ppb Hg Pienso: 100 ppb Hg Trucha: 0.3 ppm Pb Agua: 0.2 ppm Pb Pienso: 5 ppm Pb	
Niveles de arsénico y cadmio en muestras de cebolla (Allium cepa) expendidas en la ciudad de Lima	Juan de Dios, Mayra	Escuela Profesional de Toxicología	2018	García Ortiz, Mesías Moisés (Dr.)	Arsénico Cadmio	Alimentos	No detalla	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito)	30	Cd: 0.06 mg/Kg As: 42 microg/Kg	Codex: Cd: 0.05 mg/Kg As: 20 microg/Kg	Menor al límite superior
Evaluación del riesgo toxicológico en personas expuestas a suelos con plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los alrededores del Parque Industrial Infantas en Lima - Perú	Ynoce nte, Christopher Olórtgui, Denisse	Escuela Profesional de Toxicología	2018	García Ortiz, Mesías Moisés (Dr.)	Plomo Cadmio	Suelos	Descriptivo, cuasi experimental, analítico, prospectivo, transversal	Espectrofotometría de absorción atómica (horno de grafito) Cd Espectrofotometría de absorción atómica (por flama) Pb	40	Pb: 59.2 mg/Kg Cd: 0.795 mg/Kg	ECA: Pb: 140 mg/Kg Cd: 10 mg/Kg	Menor al límite superior